

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-356724

(43)Date of publication of application : 26.12.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/22

C03C 13/04

G02B 6/44

(21)Application number : 2000-151546

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 23.05.2000

(72)Inventor : BROWN CHARLES S

(30)Priority

Priority number : 99 317360

Priority date : 24.05.1999

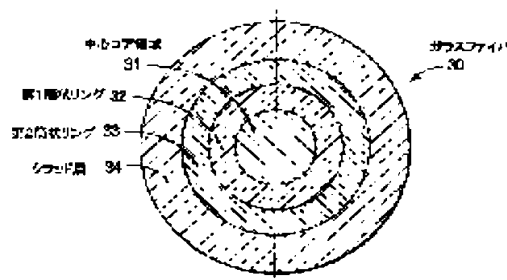
Priority country : US

(54) OPTICAL FIBER IN WHICH COLOR DISPERSION IS COMPENSATED

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make an optical fiber so that its manufacturing is easy and a transmission loss is low and also the sensibility with respect to bending is low and also so as to show a negative dispersion whose inclination is gentle in an erbium amplifier area.

SOLUTION: The optical fiber having color dispersion being equal to or smaller than $-0.8 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ in all wavelengths in the wavelength area of 1,530 to 1,565 nm is constituted of a center core area 31, a first ring shaped area 32 formed at surroundings of the area 31, a second ring shaped area 33 formed at the surroundings of the area 32, a clad layer 34 formed at surroundings of the area 33 and the refractive index of the core area 31 is n_1 and the refractive index of the first ring shaped area 32 is n_3 and its width is $4.5 \pm 105 \mu\text{m}$, the refractive index of the second ring shaped area 33 is n_4 and the refractive index of the clad layer 34 is n_2 and these refractive indexes satisfy $0.45 < (n_1 - n_2)/n_2 < 0.58$ and $-0.09 < (n_3 - n_2)/n_2 < -0.05$ and $0.20 < (n_4 - n_2)/n_2 < 0.28$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-356724

(P2000-356724A)

(43) 公開日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 6/22		G 0 2 B 6/22	
C 0 3 C 13/04		C 0 3 C 13/04	
G 0 2 B 6/44	3 8 1	G 0 2 B 6/44	3 8 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-151546(P2000-151546)

(22) 出願日 平成12年5月23日 (2000. 5. 23)

(31) 優先権主張番号 0 9 / 3 1 7 3 6 0

(32) 優先日 平成11年5月24日 (1999. 5. 24)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レイテッド

Lucent Technologies
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー
600-700

(74) 代理人 100081053

弁理士 三俣 弘文

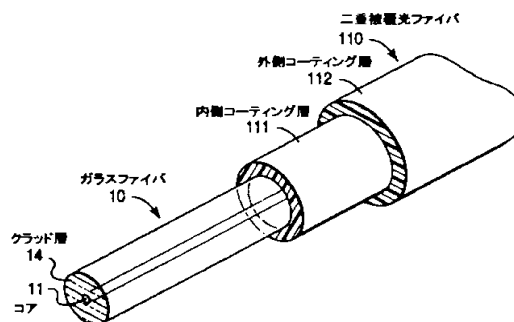
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色分散を補償した光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバは、製造が容易で、伝送損失が低く、かつ曲げの感受性が低く、そしてエルビウム増幅器領域において、傾斜のなだらかな負分散を示す。

【解決手段】 1530-1565 nmの波長領域内のすべての波長において、 $-0.8 \text{ ps}^2/(\text{nm} \cdot \text{km})$ 以下の色分散を有する光ファイバは、中心コア領域(31)と、その周囲に形成された第1環状領域(32)と、さらにその周囲に形成された第2環状領域(33)と、さらにその周囲に形成されたクラッド層(34)とからなり、コア領域(31)の屈折率は、 n_1 であり、第1環状領域(32)の屈折率は、 n_2 で、その幅は、 $4.5 \pm 1.05 \mu\text{m}$ であり、第2環状領域(33)の屈折率は、 n_4 であり、クラッド層(34)の屈折率は、 n_3 であり、 $0.45 < (n_1 - n_2)/n_2 < 0.58$ と、 $-0.09 < (n_3 - n_4)/n_4 < -0.05$ と、 $0.20 < (n_4 - n_2)/n_2 < 0.28$ である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1530～1565nmの波長領域において、 $0.8\text{ps/(nm}\cdot\text{km)}$ 以下の色分散を有する光ファイバにおいて、前記光ファイバは、中心コア領域(31)と、その周囲に形成された第1筒状リング(32)と、さらにその周囲に形成された第2筒状リング(33)と、さらにその周囲に形成されたクラッド層(34)とからなり、

前記コア領域(31)の屈折率は、 n_1 であり、

前記第1筒状リング(32)の屈折率は、 n_2 であり、

前記第1筒状リング(32)の幅は、 $4.5 \pm 1.5\mu\text{m}$ であり、

前記第2筒状リング(33)の屈折率は、 n_3 であり、

前記クラッド層(34)の屈折率は、 n_4 であるとする、

$0.4 \leq (n_1 - n_2) / (n_2 - n_4) < 0.58$ 、

$0.001 \leq (n_1 - n_2) / (n_2 - n_4) < 0.5$

$0.2 \leq (n_1 - n_2) / (n_2 - n_4) < 0.28$

の関係を成立することを特徴とする色分散を補償した光ファイバ。

【請求項2】 前記光ファイバは、1530～1565nmの波長領域にわたって、その分散傾斜が、 $0.05\text{ps}^2/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項3】 波長領域1530～1565nmの波長領域にわたって、色分散は、 $3.0 \pm 1.7\text{ps}^2/(\text{nm}\cdot\text{km})$ であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項4】 前記コア領域(31)は、ゲルマニウムをドーピングしたシリカ製材料を含むことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項5】 前記第1筒状リング(32)は、フッ素をドーピングしたシリカ製材料を含むことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項6】 第2筒状リング(33)は、ゲルマニウムをドーピングしたシリカ製材料であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項7】 前記クラッド層(34)は、ドーピングしていないシリカ製材料であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項8】 シーバスシステム内に含まれるファイバは、フラクショナルジャケット(601)を有し、これにより光ケーブル(600)を形成することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項9】 前記中心コア領域(31)は、ゲルマニウムをドーピングしたシリカ製で、その外径が、 $2.7 \pm 1.0\mu\text{m}$ であり、前記第1筒状リング(32)は、フッ素をドーピングしたシリカ製で、その外径は、 $7.2 \pm 1.0\mu\text{m}$ で、前記第2筒状リング(33)は、ゲルマニウムをドーピングしたシリカ製で、その外径は、 $9.0 \pm$

$1.0\mu\text{m}$ で、前記クラッド層(34)は、純粋シリカ製であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバに関し、特に分散補償型の光通信システムで用いられるのに適した光ファイバに関する。

【0002】

【従来の技術】光学伝送は、豊かなバンド幅が光ファイバで利用できるように、通信技術の寵児となっている。このような広いバンド幅により、何千もの通話および何百ものテレビチャンネルが高純度のガラス材料から形成された髪の毛の太さほどのファイバ上で伝送可能である。光ファイバの伝送容量は、WDMシステムで増加し、このシステムでは、別々の波長で動作する数本のチャンネルが1本の光ファイバに多重化される。しかしWDMシステムにおいては、チャンネル間の非線形相互作用、例えば4光子ミキシング現象がシステム容量を大幅に低下させている。この問題は、米国特許第5,327,516号の光ファイバにより解決され、この光ファイバでは、動作波長で少量の色分散を導入することにより非線形相互作用を低減している。

【0003】したがって、光ファイバが、各WDMチャンネルに対し、少量の色分散を与えることが望ましい。そして分散が存在することは、4光子ミキシング現象を最小にするためには好ましいことではあるが、異なる波長は光ファイバ内で異なる速度で伝播するために、パルスの拡散を引き起こすために、一方で好ましくない。幸いなことに、パルスの拡散は、分散補償技術により取り扱うことが可能で、正分散ファイバと負分散ファイバを交互に配置、接続することにより解決できる。通常50km以下の通信システムでは、分散補償は必要ないものである。

【0004】光ファイバを製造するのに用いられる、ガラス材料(純粋シリカ SiO_2)の品質の進歩がなされている。1970年には、光ファイバの許容可能な損失は、 20dB/km の範囲であったが、今日では損失は、 0.25dB/km 以下である。ガラス製ファイバの理論的最小損失は、約 0.16dB/km で、これは1550nmの波長で起きる。この波長領域での光学伝送が好ましいか、その理由は、この波長領域でエルビウムドーピングの光ファイバ増幅器が動作し、そしてその増幅器は最も利用されている光学増幅器である。このような増幅器においては、光ファイバ内のエルビウムイオンは、第1波長領域(980nm)のエキシマで「ポンプ」され、その後、第2波長領域(1530～1565nm)内にこの波長でエキシマを解放し、そこでエルビウムイオンは、第2波長領域内の光学信号により励起される。

【0005】市販可能な製品とするために、光ファイバ

の設計に様々な配慮が加えられている。一般的に伝送損失が低いのが好ましい。また過剰な損失なしに光ファイバを適度に曲げることが出来かつ所定の波長範囲で光ファイバの分散が既知かつ分散傾斜が比較的なだらかなシステム波長のシングルモード伝送に対し適切なカットオフ波長を光ファイバが有するのが好ましい。商品質のガラス材料が伝送損失を低くするために開発されているが、この商品質のガラスは、現在の光ファイバの好ましい特徴のすべてを満足できるものではない。

【0006】多くの好ましい特徴は、光ファイバの屈折率プロファイルにより解決する必要があるが、このプロファイルは、光ファイバの中心部からの距離に応じて屈折率をいかに変化させるかを記述するものである。屈折率プロファイルを記述するパラメータは、最外殻の層の屈折率を基準にしている。理想的な屈折率プロファイルのモデルは、軸を中心とした異なる屈折率層のリングを含む。しかし、これらのリングのサイズと形状は、光ファイバの複数の特性に影響を与えるが(例えば、分散傾斜は低減するか反増大は増加する)。所望の特性のすべてを与えることができ、かつ容易に製造可能な屈折率プロファイルを提供することが重要な設計の課題である。

【0007】例えば、米国特許第5,878,118号は、エルビウム増強器領域で、なだらかな傾斜を有する正分散ファイバと負分散ファイバのデザインを開示している。これらのデザインは、所望の結果を達成するのに有効であるが、同特許の図3に示された負分散のファイバの製造許容性は、理想的なものよりもはるかに厳しいものである。

【0008】エルビウム増強器領域にわたって、低分散傾斜を与える別の光ファイバは、トーマスに類似した屈折率プロファイルを有し、これは、0.95 Technical Digest, vol. 28, no. 2, 60にある文献 "Dispersion-shifted single-mode fiber for high bit rate and multiwave-length systems" に示されている。このデザインは、低屈折率材料のコアを包囲する高屈折率材料のリングを有する。しかし、このような屈折率プロファイルは、伝送損失が高かつ曲げの感受性が高くなる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的とする光ファイバは、製造が容易で、伝送損失が低く、かつ曲げの感受性が低く、そしてエルビウム増強器領域において、傾斜のなだらかな負分散を示す。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の光ファイバは、中央のコア領域と、外側クラッド層との間に、屈折率を制御した材料の2つの筒状リングを含む屈折率プロファイルを有する。第1の筒状リングは、中央のコア領域に隣接し、クラッド層の屈折率よりも低い屈折率を有する。

第2筒状リングは、クラッド層に隣接し、コア層の屈折率よりも高い屈折率を有する。特に、コアの公称屈折率を n_1 、クラッド層の公称屈折率を n_2 、第1筒状リングの公称屈折率を n_3 、第2筒状リングの公称屈折率を n_4 とする、この屈折率プロファイルは、次の通りとなる。

中央のコア領域： $r < 0.45 \cdot (n_1 - n_2) / (n_2 - 1)$ 、 n_1 より8

第1筒状リング： $r > 0.45 \cdot (n_1 - n_2) / (n_2 - 1)$ 、 $n_3 < 0.05$

第2筒状リング： $r > 0.45 \cdot (n_1 - n_2) / (n_2 - 1)$ 、 $n_4 > 0.05$

さらにまた、第1筒状リングの幅は、 $4.5 \cdot 10^{-5} n$ mである。

【0011】第1筒状リングを幅広いか、浅い低屈折率材料のレンズとして形成することにより、エルビウム増強器領域の低傾斜の負分散ファイバが容易に製造できることがわかった。

【0012】本発明の実施例においては、光ファイバは、 $n_1 = 1.48 \text{ ps}^2 / (\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ よりもより寛(さらに小さい)で、好ましくは、 $n_1 = 0.3 + 1.7 \text{ ps}^2 / (\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ の分散で、傾斜は、波長領域1530-1565 nmの範囲で、 $0.05 \text{ ps}^2 / (\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ 以下である。第1筒状リングは、屈折率を低下させるために、コア素をレーシングしている。

【0013】本発明の負分散光ファイバは、分散補償を行ったその全長が50 km以上のWDMシステムで用いられる。本発明の光ファイバの平均伝送損失は、15.5 dB/mで、約0.2 dB/kmで、500 m以上の有効領域を有し、曲げ損失に、比較的敏感なインテグレーションプロファイルを有する。

【0014】

【発明の実施の形態】背景

様々なメカニズムが、光ファイバのコア幅を制限している。マルチモードファイバにおいては、例えば、光ファイバの一端から入った光のモードが、光ファイバの他端から出る際に拡散されるいわゆるモード分散がある。この原因は、マルチモードファイバは、特定の波長の数値の異なるモード(パス)をサポートしているからである。この異なるモードが、光ファイバの他端で組み合わされると、パルスの拡散(分散)が生じ、これは好ましくない。本明細書において、分散とは、色すなわち経形分散を意味する。従来、分散の符号は、短波長放射が長波長放射よりも速度が速く正と見なされていた。

【0015】特定の波長の基本モード(1,1₁)のみをサポートするよう設計されている光ファイバがある。このようなファイバをシングルモードと称する。シングルモードファイバのコア幅は、マルチモードファイバよりもはるかに狭く、それに見合った、より速い速度で光信号を送信している。しかし、シングルモードファイバ

は、 LP_{11} のカットオフ波長以下の短い波長に対しては、マルチモードファイバのように動作する。このカットオフ波長は、コアの半径(a)と屈折率(n)とコアと屈折率の差(Δ)で決まる。事実、 Δ と a が減ると、さらに少ないモードが伝搬し、最後には1つのモードのみが、 LP_{11} のカットオフ波長よりも長い波長で伝搬する。したがって、 LP_{11} のカットオフ波長は伝送される波長よりも短い必要がある。

【0016】光ファイバを製造するに際し、ガラス製のプリフォームが、垂直方向に吊され、速度を制御しながらの中心に移される。このプリフォームは、炉内で軟化し、ガラス製ファイバの引き抜きタワシの直側にあるキャプスタンにより、プリフォームの上の溶融端部から引き抜かれる(引き抜かれた光ファイバの直径は、プリフォームの上の数千分の1の小ささであるが、しかし同じ屈折率プロファイルを有する)。

【0017】ガラス製ファイバの表面は、摩耗、腐食により引き起こされる損傷に耐性的ために、引き抜いた後、汚染物にさらされたり、摩耗、擦り傷等によりさらされる前に、光ファイバをコーティングする必要がある。コーティング材料を塗布することにより、ガラス表面に損傷を与えてはならず、そしてコーティング材料は、液体状態で塗布される。いったんコーティング材料が塗布されると、コーティング材料は、ガラスファイバのキャプスタンに到達する前に固まらなければならない。硬化により、はんだの短い時間でこれを行わなければならない。光硬化とは、電磁放射に曝すことにより、液体のコーティング材料を固体に変換するプロセスである。

【0018】図1は、本発明に適した構造を有する二重被覆光ファイバ100を示す。図1に示すように、二重のコーティング層がガラスファイバ101に形成されており、このガラスファイバ101は、コア102とクラッド層104を含む。ガラスファイバ101の直径は、 $125\mu\text{m}$ である。第1コーティング材料層と称する内側のコーティング層103が、ガラスファイバ101に形成され、第2コーティング材料層と称する外側のコーティング層105が、この内側のコーティング層103の上に形成される。第2コーティング材料は、荒っぽく取り扱いに耐える高い剛性(1.0×Pa)を有し、一方、第1コーティング材料は、マイクロバンプの損傷を低下させるためのクラウンを有する、比較的低い剛性(1.0×Pa)を有する。第1コーティング材料が濡れた状態にあるときに、第2コーティング材料が塗布され、その後、この両方のコーティング層が電磁放射タワシの紫外線領域の放射により、同時に固化する。

【0019】図2は、従来の光ファイバの色分散を示し、特に、分散を平坦化した特性23が材料の組み合わせと導波分散素子により、材料分散と導波路分散の組み合わせにより、いかに形成されるかを示している(分散平坦化ファイバとは、例えば1400nmと1700nm

の2つの波長において、ゼロ分散を示す)。ここで、材料分散とは、光ファイバを製造する際に用いられる実際の材料中に存在するものであり、材料分散21は、シリカガラスのものである。一方、導波路分散22は、屈折率プロファイルの関数である。材料分散とは異なり、導波路分散は、設計者によって限られた範囲で作り出すことが出来る。この屈折率プロファイルは、色分散が、1400nmと1700nmの範囲の広い波長領域にわたって、低減できるような分散平坦化ファイバの設計に用いられる。

【0020】図3Aは、複数の中心コア領域31、クラッド層34を有する、コーティングしていない状態の第2筒状リング33の断面図を示す。各層は、光ファイバの導波路分散を修正するために、異なる屈折率を有する。図3B、Cは、屈折率の変化が、層の間で急激に行われていることを示しているが、これは必ずしも必要ではない。屈折率が徐々に変化することは、グレーディエーション、クロスファイバとして知られ、より一般的である。しかし、本発明の理解を容易にするために、その変化を急に示している。本発明は、グレーディエーション、クロスファイバにも適用できるものである。

【0021】ガラスファイバ30は、中心屈折率 n_1 の中心コア領域31を有する。この中心コア領域31は、公称屈折率 n_1 の第1筒状リング32により包囲され、さらに、公称屈折率 n_2 である第2筒状リング33により包囲されている。屈折率 n_2 のクラッド層34が、第2筒状リング33を包囲している。143Aは、必ずしもスケール上に表示されていない(実際には、クラッド層34の直径は $35\mu\text{m}$ であり、一方、中心コア領域31の直径は、 $8\mu\text{m}$ である)。

【0022】屈折率の実際の値を用いて、屈折率インデックスプロファイルをグラフ化せずに、正規化した屈折率 Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 を用いてプロファイルを示している。これらの定義は次の通りである。

$$\Delta_1 = (n_1 - n_2) / n_2 \times 100\%$$

$$\Delta_2 = (n_2 - n_3) / n_3 \times 100\%$$

$$\Delta_3 = (n_1 - n_3) / n_3 \times 100\%$$

【0023】143Bは、シリウム増幅器領域内で、緩やかな傾斜を有する負分散のファイバの、公称の屈折率インデックスプロファイル(本特許第5878182号を参照のこと)を示している。このファイバの第1筒状リングの外径は、 b_1 で、内径は、 b_2 である。このリングの実際の幅($b_1 - b_2$)は、わずか1、 $8\mu\text{m}$ であり、製造の許容差の観点からすると、きわめてタイトである。本発明により図3Cに示す、屈折率プロファイルを用いて、大幅な改善がなされ、これによりエルビウム増幅器領域において、なだらかな傾斜を有し、かつ低曲率損失の負分散ファイバが製造できる。これらのファイバの品質は、次の範囲の値の Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 にわたって得られた。

$0.15 \leq \Delta_1 < 0.58$

$0.09 \leq \Delta_2 < 0.05$

$0.20 \leq \Delta_3 < 0.28$

さらにまた、第2筒状リングの外径は、 c_2 で、内径は、 c_1 で、その結果、このリングの幅($c_2 - c_1$)は、 $4.5 \pm 1.5 \mu\text{m}$ である。

【0024】本発明の一実施例においては、 $\Delta_1 = 0.52$ 、 $\Delta_2 = -0.08$ 、 $\Delta_3 = 0.24$ である。また、様々な層の半径は、 $c_1 = 2.7 \mu\text{m}$ 、 $c_2 = 7.2 \mu\text{m}$ 、 $c_3 = 9.0 \mu\text{m}$ である。図3に示された屈折率プロファイルは、ゲルマニウムをドーピングしたシリカコアと、フッ素をドーピングした第1筒状リングと、ゲルマニウムをドーピングした第2筒状リングと、純粋なシリカ製の

外側クラッド層を含む。コアとクラッド層は、必ずしもこのような方法で構成する必要はない。その理由は、本発明の利点があるように、屈折率の相対的差があればよいからである。例えば、コアは純粋シリカから形成し、筒状リングとクラッド層はフッ素をドーピングした、異なるレベルを有するようにしてもよい。

【0025】本発明に使用するのに適した、光ファイバの仕様の表を次に示す。しかしこれは、受け入れ可能な光ファイバの全体の範囲を示すものではない。単に本発明の実施例にすぎない。

1550 nmにおける減衰率	$< 0.21 \text{ dB/km}$ (平均)
モードフィールド径	$8.4 \pm 0.6 \mu\text{m}$ (1550 nm)
コアの非同心性	$< 0.8 \mu\text{m}$
クラッド層の直径	$12.5 \pm 1.0 \mu\text{m}$
カットオフ波長	$< 1450 \text{ nm}$ (2m 基準長さ)
分散	$-3.0 \pm 1.7 \text{ ps}^2/(\text{nm} \cdot \text{km})$ (1530 - 1565 nm)
分散傾斜	$< 0.05 \text{ ps}^3/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ (平均)
マイクロベンディング	$< 0.5 \text{ dB at } 1550 \text{ nm}$ (1 turn, 32 mm)
	$< 0.1 \text{ dB at } 1550 \text{ nm}$ (100 turn, 75 mm)
コア/クラッド層直径	$250 \pm 10 \mu\text{m}$
引張り試験	200 kpsi

【0026】本発明の光ファイバの製造手順は、当業者に容易に理解できるところである。プリフォームは、モノリシック、あるいは化合物物でもよい。コア領域は、MVDまたは、アウトサイトヘッチ堆積、または垂直軸方向堆積等のスタートケミストリーを用いたプロセスの1つにより形成される。公知の手順(例えばクラッド層用、オーバークラッド層用、コーティング用、ケーブル用等)は、ファイバの設計には影響されない。

【0027】図4は、本発明の光ファイバの色分散特性43を示す。特に、(i)に低い分散傾斜、材料分散成分41と導波路分散成分42のそれぞれを組み合わせることにより達成されるかを示す。分散平坦化ファイバ用の図2の導波路分散カーブ42は、負の傾斜を示し、導波路分散は、第2分散カール(1700 nmの時に)と、平坦な全体分散カーブ43を生成するために、長波長で導波路分散は、急速に増加する。しかし、このような平坦化は、基本モードが有効カットオフに向かってスタートするときに引き起こされ、そしてこれが好ましくない高曲げ損失につながる。

【0028】図5は、図3に示した屈折率プロファイルを有する、正分散ファイバ43-1と、負分散ファイバ43-2の色分散を示す。これらの各光ファイバは、1550 nmにおいて、平均損失は、 0.21 dB/km 以下であり、有効領域は、 $50 \mu\text{m}^2$ 以上であり、エルビウムドーピングファイバ増幅器が機能する波長領域(1530 - 1565 nm)において、絶対振幅は、 $0.8 \text{ ps}^2/(\text{nm} \cdot \text{km})$ である。さらに重要なことは、これらの各光ファイバは、1550 nmにおいて、 $0.05 \text{ ps}^3/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ 以下の分散傾斜を有する。これらの特性は、WDM信号の伝送で使用される理想的なファイバ43-1、43-2であり、そしてエルビウム増幅器領域における低損失と低分散が望ましい。これに対し、シフトしていないシリカ製のファイバは、1310 nmで、分散カールポイントを有し、1550 nmで、 $-17 \text{ ps}^2/(\text{nm} \cdot \text{km})$ の分散と、1550 nmにおいて、 $0.95 \text{ ps}^3/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ の分散傾斜を有する。

【0029】図6は、本発明の実際の光ファイバの構造

10

20

50

【図面の簡単な説明】

【42】材料分散成分と導波路分散成分を示す分散平坦化ファイバの波長と色分散との関係を表すグラフ。

(E) 従来未知の光ファイバの屈折率プロファイルを表す[4]。

【014】材料分散成分と導波路分散成分を示す。本発明のファイバの波長と色分散との関係を表すグラフ。

【図 7】 エルビウムドープの光ファイバと、正分散フ

イバと負分散のイバを含む、伝送媒体上で動作する4チャンネルのWDMシステムを要す図。

(符号(7)の說明)

111 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 123

11 77

1.1 7 5 1 8

311 *Hy. 2.2. 1. 18*

301-1 山崎健二・佐々木

3.1.1 負分散型パイバ

3.1 中小企業領域

3-1 第一節 第一節

3.3 第二商標の「9」

3.1 2007年1月1日

7.1~7.4 16位型

75. $41 - i - 2$

8 1 7 8 1 234 56

8.5 设计一个函数，求两个整数的最大公约数。

1.1.1) 重被覆土の土質係数

1.1.1 内側: 内側は、外側と反対の面を指す。

(c) 外側面は、 $\frac{1}{2} \times 20 = 10$ 平方尺

[illegible]

(c) 1. 選手は、選手会から選出される。

0-11-1 35-46714A

6.1.2 補強部材

[illegible][illegible]

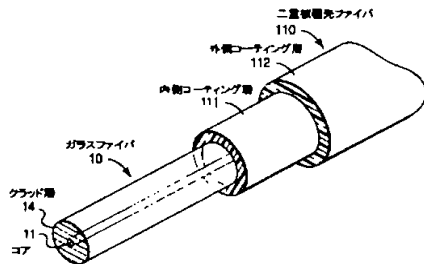
605 管状包圍部有

6116 4-2-1-1-1

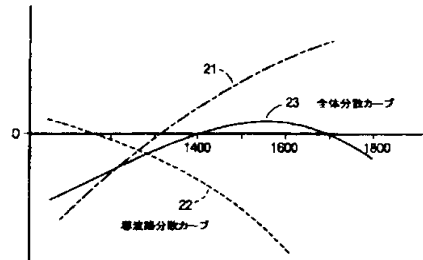
700 WLM-2.7
BIRMINGHAM

7 1 0 光子倍增器

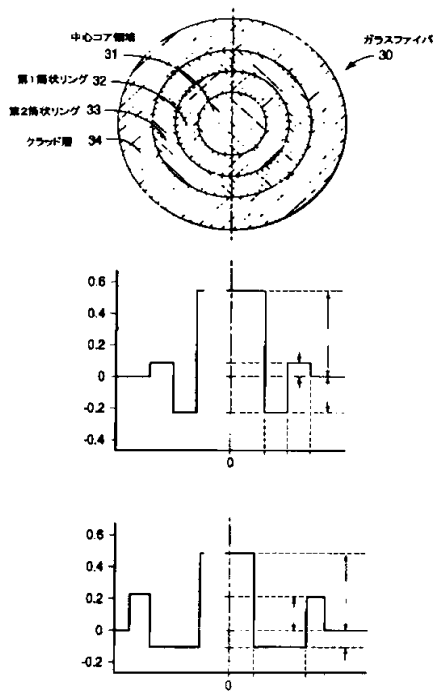
【図1】



【図2】

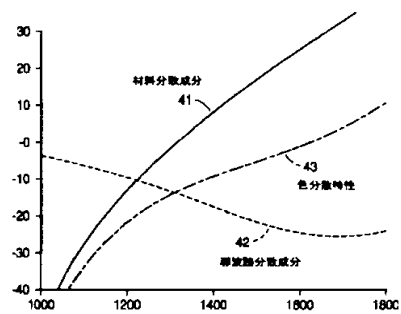


【図3】



【図4】

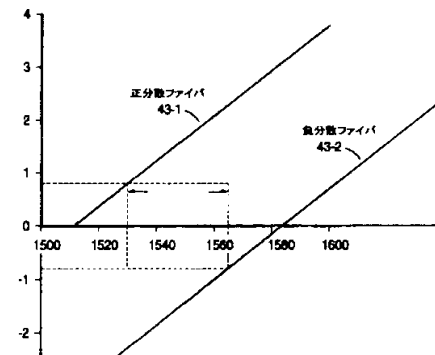
A



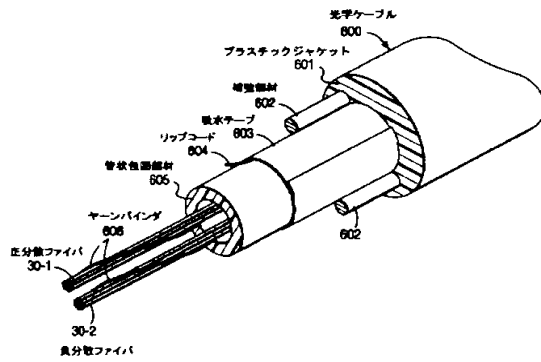
B

【図5】

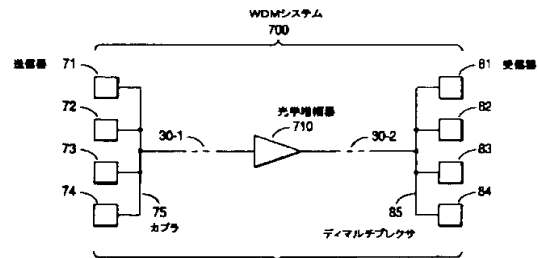
C



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(71)出願人、 596077259

600 Mountain Avenue,
Murray Hill, New Je
rsey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 チャールズ エス ブラウン

アメリカ合衆国、 30038 ジョージア、 リ
ソニア、 ニューキャッスル サークル
4425